

DETAIL

JAPANESE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-124276

(43)Date of publication of application : 28.04.2000

(51)Int.Cl.

H01L 21/66
G01R 31/302

(21)Application number : 10-300085

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 21.10.1998

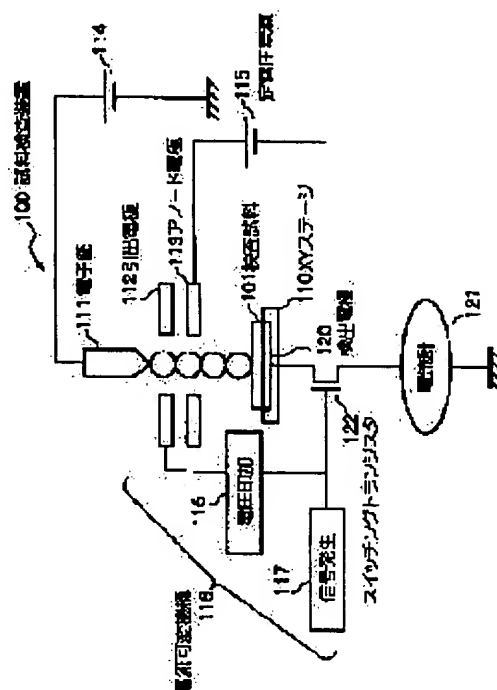
(72)Inventor : YAMADA KEIZO

(54) METHOD AND DEVICE FOR INSPECTING SAMPLE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To detect, correctly and rapidly, a layer thickness of an insulating layer positioned at a bottom part of a minute vertical hole, by detecting a current penetrating a rear surface of a sample to be inspected where an electron beam is applied to its surface by a detection electrode, and measuring the detected current.

SOLUTION: An xy stage 110 is provided with a detection electrode 120 on the surface, and the detection electrode 120 is provided on the rear surface of a sample 101 to be inspected which is held with the xy stage 110, and the detection electrode 120 is connected to an ammeter 121. When an electron beam is applied to the surface of the sample 101 from an electron gun 111, the detection electrode 120 detects the current penetrating the rear surface of the sample 101 and the ammeter 121 measures the current detected by the detection electrode 120. Thus, the layer thickness of an insulating layer positioned at the bottom part of a minute vertical hole of the sample 101 is detected correctly and rapidly from the current.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

21.10.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-124276

(P2000-124276A)

(43) 公開日 平成12年4月28日 (2000.4.28)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード* (参考)
H 0 1 L 21/66		H 0 1 L 21/66	C 2 G 0 3 2
G 0 1 R 31/302		G 0 1 R 31/28	L 4 M 1 0 6

審査請求 有 請求項の数27 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願平10-300085

(22) 出願日 平成10年10月21日 (1998. 10. 21)

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 山田 恵三

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74) 代理人 100100893

弁理士 渡辺 勝 (外3名)

Fターム (参考) 2G032 AA00 AB00 AD01 AF08

4M106 AA01 AA12 AA13 BA02 CA48

DH01 DH16 DH33 DH37 DH60

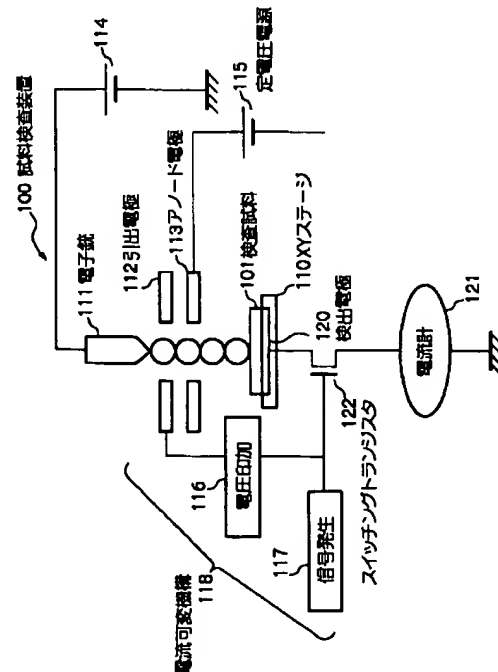
DJ01 DJ23 DJ38

(54) 【発明の名称】 試料検査装置および方法

(57) 【要約】

【課題】 スルーホール底部の絶縁層の層厚も簡単に検出できるようにする。

【解決手段】 検査試料101の絶縁層に表面から電子ビームを照射し、検査試料101の裏面に貫通した電流を検出測定する。電子ビームを検査試料101の表面に照射するが、この表面で発生するエネルギーでなく裏面に貫通する電流量を検出するので、絶縁層が微細な縦穴の底部に位置するような場合でも層厚が検出される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 絶縁層を具備している検査試料を所定位置に保持する試料保持手段と、
該試料保持手段に保持された前記検査試料と対向する位置に配置されて電子ビームを発生する電子銃と、
該電子銃が発生する電子ビームを外部から印加される電圧により加速させて前記検査試料の表面に照射させるアノード電極と、

該アノード電極に一定の電圧を印加する定電圧電源と、
電子ビームが表面に照射される前記検査試料の裏面に貫通した電流を検出する検出電極と、
該検出電極により検出された電流値を測定する電流計と、を具備している試料検査装置。

【請求項2】 前記検査試料に照射される電子ビームの電流量を周期的に変化させる電流可変手段と、
該電流可変手段による電流量の変化に対応したタイミングで前記電流計による測定を実行させるタイミング同期手段と、も具備している請求項1記載の試料検査装置。

【請求項3】 前記電流可変手段は、
前記電子銃が発生する電子ビームを外部から印加される電圧により引き出す引出電極と、
該引出電極に周期的に変化する電圧を印加する電圧印加手段と、を具備している請求項2記載の試料検査装置。

【請求項4】 振幅が円滑に変化する基準信号を発生する信号発生手段も具備しており、
前記電圧印加手段は前記信号発生手段が発生する基準信号の振幅に対応して電圧を変化させる請求項3記載の試料検査装置。

【請求項5】 振幅とパルス幅とが一定のパルス信号を発生する信号発生手段も具備しており、
前記電圧印加手段は前記信号発生手段が発生するパルス信号に対応して電圧を変化させる請求項3記載の試料検査装置。

【請求項6】 前記電流可変手段は、
電子ビームを遮蔽する電子遮蔽部分と通過させる電子通過部分とを具備して前記アノード電極と前記検査試料との中間に配置されているビーム規制部材と、
前記アノード電極により加速された電子ビームを周期的に偏向して前記ビーム規制部材の電子通過部分と電子遮蔽部分とを走査させるビーム偏向手段と、を具備している請求項2記載の試料検査装置。

【請求項7】 前記ビーム規制部材は、前記ビーム偏向手段により偏向された電子ビームが通過する位置に前記電子遮蔽部分が位置するとともに偏向されていない電子ビームが通過する位置に前記電子通過部分が位置している請求項6記載の試料検査装置。

【請求項8】 前記ビーム偏向手段は、
外部から印加される電圧により電子ビームを偏向する偏向電極と、
振幅が円滑に変化する基準信号を発生する信号発生手段

と、
該信号発生手段が発生する基準信号の振幅に対応して変化する電圧を前記偏向電極に印加する電圧印加手段と、
を具備している請求項6または7記載の試料検査装置。

【請求項9】 前記ビーム偏向手段は、
外部から印加される電圧により電子ビームを偏向する偏向電極と、
振幅とパルス幅とが一定のパルス信号を発生する信号発生手段と、

該信号発生手段が発生するパルス信号に対応して変化する電圧を前記偏向電極に印加する電圧印加手段と、を具備している請求項6または7記載の試料検査装置。

【請求項10】 前記電流可変手段は、前記アノード電極により加速された電子ビームを前記検査試料の表面より内側と外側とに偏向するビーム偏向手段を具備している請求項2記載の試料検査装置。

【請求項11】 前記ビーム偏向手段は、
外部から印加される電圧により電子ビームを偏向するブランク電極と、

振幅とパルス幅とが一定のパルス信号を発生する信号発生手段と、

該信号発生手段が発生するパルス信号に対応して変化する電圧を前記ブランク電極に印加する電圧印加手段と、
を具備している請求項10記載の試料検査装置。

【請求項12】 前記信号発生手段が発生するパルス信号の単位時間ごとのパルス数を可変するパルス可変手段も具備している請求項5、9、11の何れか一記載の試料検査装置。

【請求項13】 前記信号発生手段が発生するパルス信号のパルスデューティを可変するパルス可変手段も具備している請求項5、9、11の何れか一記載の試料検査装置。

【請求項14】 前記電流計により測定された電流値から前記検査試料の絶縁層の層厚を検出する層厚検出手段も具備している請求項2ないし13の何れか一記載の試料検査装置。

【請求項15】 前記電流計により測定される電流値が一定となるように前記電流可変手段をフィードバック制御する動作制御手段と、

該動作制御手段のフィードバック制御の度合から前記検査試料の絶縁層の層厚を検出する層厚検出手段と、も具備している請求項2記載の試料検査装置。

【請求項16】 前記電流計により測定される電流値が一定となるように前記電圧印加手段が前記引出電極に印加する電圧をフィードバック制御する動作制御手段と、
該動作制御手段のフィードバック制御の度合から前記検査試料の絶縁層の層厚を検出する層厚検出手段と、も具備している請求項3ないし5、12、13の何れか一記載の試料検査装置。

【請求項17】 前記電流計により測定される電流値が

10

20

30

40

50

一定となるように前記電圧印加手段が前記偏向電極に印加する電圧をフィードバック制御する動作制御手段と、該動作制御手段のフィードバック制御の度合から前記検査試料の絶縁層の層厚を検出する層厚検出手段と、も具備している請求項8、9、12、13の何れか一記載の試料検査装置。

【請求項18】 前記電流計により測定される電流値が一定となるように前記電圧印加手段が前記ブランク電極に印加する電圧をフィードバック制御する動作制御手段と、該動作制御手段のフィードバック制御の度合から前記検査試料の絶縁層の層厚を検出する層厚検出手段と、も具備している請求項11ないし13の何れか一記載の試料検査装置。

【請求項19】 前記層厚検出手段により検出された前記絶縁層の層厚を所定の許容範囲と比較して前記検査試料の良否を判定する良否判定手段も具備している請求項14ないし18の何れか一記載の試料検査装置。

【請求項20】 絶縁層を具備している検査試料の表面と対向する位置に少なくともアノード電極と電子銃とを順番に配置するとともに裏面に検出電極を配置し、前記電子銃が発生する電子ビームを前記アノード電極の電圧により加速させて前記検査試料の表面に照射させ、前記検出電極により検出された電流値を電流計により測定するようにした試料検査方法。

【請求項21】 前記検査試料に照射される電子ビームの電流量を周期的に変化させ、この変化に対応したタイミングで電流値を測定するようにした請求項20記載の試料検査方法。

【請求項22】 前記電子銃の近傍に引出電極を配置し、前記電子銃が発生する電子ビームを前記引出電極の電圧により引き出して前記アノード電極の電圧により加速させ、該アノード電極の電圧を一定に維持したまま前記引出電極の電圧を周期的に変化させることで前記検査試料に照射される電子ビームの電流量を周期的に変化させるようにした請求項21記載の試料検査方法。

【請求項23】 前記アノード電極により加速される電子ビームを周期的に偏向し、この周期的に偏向される電子ビームを前記検査試料の表面に照射させる以前に所定位置で遮蔽するとともに所定位置で通過させるようにした請求項21記載の試料検査方法。

【請求項24】 前記アノード電極により加速された電子ビームを前記検査試料の表面より内側と外側とに偏向するようにした請求項21記載の試料検査方法。

【請求項25】 前記電流計により測定された電流値から前記検査試料の絶縁層の層厚を検出するようにした請求項21ないし24の何れか一記載の試料検査方法。

【請求項26】 前記電流計により測定される電流値を一定とするフィードバック制御の度合から前記検査試料の絶縁層の層厚を検出するようにした請求項21ないし24の何れか一記載の試料検査方法。

【請求項27】 検出された前記絶縁層の層厚を所定の許容範囲と比較して前記検査試料の良否を判定するようにした請求項25または26記載の試料検査方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

10 【発明の属する技術分野】本発明は、絶縁層が形成されているIC(Integrated Circuit)などを検査試料として検査する試料検査装置および方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、ICなどの回路装置は、導電層や絶縁層などの層膜が各種のパターンに形成されて積層されており、このような回路装置が正常に動作するためには、各部の寸法や組成が適正である必要がある。このため、回路装置を製造する場合には、その過程で各部の寸法などを検出して検査する必要がある。

20 【0003】このような検査に利用される試料検査方法としては、AES(Auger Electron Spectroscopy)、XPS(X-ray Photoelectron Spectroscopy)、ESCA(Electron Spectroscopy for Chemical Analysis)、EPM A(Electron Probe Microanalysis)、EELS(Electron Energy Loss Spectroscopy)、SIMS(Secondary Ion Mass Spectroscopy)、等がある。

【0004】AESは、検査試料の表面に電子ビームを照射し、検査試料の表面から励起放出されるオージェ電子をエネルギー分析する。XPSやESCAは、検査試料の表面にX線を照射し、検査試料の表面から光電子放出される電子をエネルギー分析する。EPM Aは、検査試料の表面に電子線を照射し、検査試料の表面から放出される特性X線を波長分析する。

【0005】EELSは、検査試料の表面に電子線を照射し、検査試料の表面で非弾性散乱する電子をエネルギー分析する。SIMSは、検査試料の表面にイオンビームを照射し、検査試料の表面で発生する二次イオンを質量分析する。これらの手法は何れも分析を主要目的としているが、その分析結果を利用して絶縁層の層厚を検出することも可能である。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】上述のような各種手法を応用することにより、例えば、回路装置などを製造する場合に絶縁層の層厚を検出して検査することが可能である。

【0007】しかし、上述のような分析手法は、何れもエネルギーの照射により検査試料の表面から発生するエネルギーを検出するため、検査位置が微細な縦穴の底部に位置するような場合には適用が困難である。例えば、回路装置では微細な垂直の縦穴の底部に絶縁層が位置するこ

とがあるが、その層厚を従来の分析手法により検出することは困難である。

【0008】例えば、絶縁層が表面に露出するまで検査試料の表層部を研磨すれば、従来の分析手法でも絶縁層の層厚を良好に検出することができる。しかし、これでは製造過程の回路装置を非破壊検査することはできず、サンプルを検査するとしても時間を要することになるため、回路装置の製造ラインに検査装置を組み込んで製造と検査とをリアルタイムに実行するようなことは困難である。

【0009】本発明は上述のような課題に鑑みてなされたものであり、微細な縦穴の底部に位置する絶縁層の層厚なども良好かつ迅速に検出することができる試料検査装置および方法を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明の試料検査装置は、絶縁層を具備している検査試料を所定位置に保持する試料保持手段と、該試料保持手段に保持された前記検査試料と対向する位置に配置されて電子ビームを発生する電子銃と、該電子銃が発生する電子ビームを外部から印加される電圧により加速させて前記検査試料の表面に照射させるアノード電極と、該アノード電極に一定の電圧を印加する定電圧電源と、電子ビームが表面に照射される前記検査試料の裏面に貫通した電流を検出する検出電極と、該検出電極により検出された電流値を測定する電流計と、を具備している。

【0011】従って、本発明の試料検査装置の試料検査方法では、絶縁層を具備している検査試料を試料保持手段が所定位置に保持し、この状態で電子銃が電子ビームを発生する。このとき、定電圧電源がアノード電極に一定の電圧を印加するので、この電圧によりアノード電極が電子ビームを加速させて検査試料の表面に照射させる。この電子ビームが表面に照射される検査試料の裏面に貫通した電流を検出電極が検出し、この検出された電流値を電流計が測定するので、例えば、この電流値から検査試料の絶縁層の層厚が検出される。電子ビームを検査試料の表面に照射するが、この表面で発生するエネルギーでなく裏面に貫通する電流量を検出するので、絶縁層が微細な縦穴の底部に位置するような場合でも層厚が検出される。

【0012】なお、一般的に絶縁体とは電子を透過しない物質を意味するが、実際には極薄の絶縁体に充分な強度の電子ビームを照射すると、絶縁体は抵抗体として作用する。例えば、半導体回路での絶縁体の代表であるシリコン酸化膜に、真空中で数十Vから数kVの電圧により加速された電子ビームを照射すると、これは数百オングストロームまで浸透する。そこで、図6に示すように、充分な強度の電子ビームを検査試料の絶縁層に表面から照射すると、その裏面まで貫通する電流量は絶縁層の層厚に略反比例するので、この電流量を測定すれば絶

縁層の層厚を検出できることになる。

【0013】上述のような試料検査装置において、前記検査試料に照射される電子ビームの電流量を周期的に変化させる電流可変手段と、該電流可変手段による電流量の変化に対応したタイミングで前記電流計による測定を実行させるタイミング同期手段と、を具備していることも可能である。

【0014】この場合、検査試料に照射される電子ビームの電流量を電流可変手段が周期的に変化させ、この変化に対応したタイミングでタイミング同期手段が電流計による測定を実行させる。従って、検査試料に照射される電子ビームの電流量の変化と電流計による測定とが同期するので、測定結果とノイズとが分離される。

【0015】上述のような試料検査装置において、前記電流可変手段は、前記電子銃が発生する電子ビームを外部から印加される電圧により引き出す引出電極と、該引出電極に周期的に変化する電圧を印加する電圧印加手段と、を具備していることも可能である。

【0016】この場合、電圧印加手段が周期的に変化する電圧を引出電極に印加し、この引出電極が印加される電圧により電子銃が発生する電子ビームを引き出すので、これで検査試料に照射される電子ビームの電流量を電流可変手段が周期的に変化させることになる。

【0017】上述のような試料検査装置において、振幅が円滑に変化する基準信号を発生する信号発生手段も具備しており、前記電圧印加手段は前記信号発生手段が発生する基準信号の振幅に対応して電圧を変化させることも可能である。この場合、振幅が円滑に変化する基準信号を信号発生手段が発生し、この基準信号の振幅に対応して電圧印加手段が電圧を変化させるので、これで周期的に変化する電圧が引出電極に印加される。

【0018】上述のような試料検査装置において、振幅とパルス幅とが一定のパルス信号を発生する信号発生手段も具備しており、前記電圧印加手段は前記信号発生手段が発生するパルス信号に対応して電圧を変化させることも可能である。この場合、振幅とパルス幅とが一定のパルス信号を信号発生手段が発生し、このパルス信号に対応して電圧印加手段が電圧を変化させるので、これで周期的に変化する電圧が引出電極に印加される。

【0019】上述のような試料検査装置において、前記電流可変手段は、電子ビームを遮蔽する電子遮蔽部分と通過させる電子通過部分とを具備して前記アノード電極と前記検査試料との中間に配置されているビーム規制部材と、前記アノード電極により加速された電子ビームを周期的に偏向して前記ビーム規制部材の電子通過部分と電子遮蔽部分とを走査させるビーム偏向手段と、を具備していることも可能である。

【0020】この場合、電子ビームを遮蔽する電子遮蔽部分と通過させる電子通過部分とを具備しているビーム規制部材がアノード電極と検査試料との中間に配置さ

れ、この状態でアノード電極により加速された電子ビームをビーム偏向手段が周期的に偏向してビーム規制部材の電子通過部分と電子遮蔽部分とを走査させるので、これで検査試料に照射される電子ビームの電流量を電流可変手段が周期的に変化させることになる。

【0021】上述のような試料検査装置において、前記ビーム規制部材は、前記ビーム偏向手段により偏向された電子ビームが通過する位置に前記電子遮蔽部分が位置するとともに偏向されていない電子ビームが通過する位置に前記電子通過部分が位置していることも可能である。

【0022】この場合、ビーム偏向手段により偏向された電子ビームはビーム規制部材の電子遮蔽部分により遮蔽され、ビーム偏向手段により偏向されない電子ビームはビーム規制部材の電子通過部分を通過するので、検査試料には偏向されていない電子ビームが照射されることになる。

【0023】上述のような試料検査装置において、前記ビーム偏向手段は、外部から印加される電圧により電子ビームを偏向する偏向電極と、振幅が円滑に変化する基準信号を発生する信号発生手段と、該信号発生手段が発生する基準信号の振幅に対応して変化する電圧を前記偏向電極に印加する電圧印加手段と、を具備していることも可能である。

【0024】この場合、振幅が円滑に変化する基準信号を信号発生手段が発生し、この基準信号の振幅に対応して変化する電圧を電圧印加手段が偏向電極に印加する。この偏向電極は印加される電圧により電子ビームを偏向するので、これでビーム偏向手段が電子ビームを周期的に偏向することになる。

【0025】上述のような試料検査装置において、前記ビーム偏向手段は、外部から印加される電圧により電子ビームを偏向する偏向電極と、振幅とパルス幅とが一定のパルス信号を発生する信号発生手段と、該信号発生手段が発生するパルス信号に対応して変化する電圧を前記偏向電極に印加する電圧印加手段と、を具備していることも可能である。

【0026】この場合、振幅とパルス幅とが一定のパルス信号を信号発生手段が発生し、このパルス信号に対応して変化する電圧を電圧印加手段が偏向電極に印加する。この偏向電極は印加される電圧により電子ビームを偏向するので、これでビーム偏向手段が電子ビームを周期的に偏向することになる。

【0027】上述のような試料検査装置において、前記電流可変手段は、前記アノード電極により加速された電子ビームを前記検査試料の表面より内側と外側とに偏向するビーム偏向手段を具備していることも可能である。この場合、アノード電極により加速された電子ビームをビーム偏向手段が検査試料の表面より内側と外側とに偏向するので、これで検査試料に照射される電子ビームの

電流量を電流可変手段が周期的に変化させることになる。

【0028】上述のような試料検査装置において、前記ビーム偏向手段は、外部から印加される電圧により電子ビームを偏向するブランク電極と、振幅とパルス幅とが一定のパルス信号を発生する信号発生手段と、該信号発生手段が発生するパルス信号に対応して変化する電圧を前記ブランク電極に印加する電圧印加手段と、を具備していることも可能である。

10 【0029】この場合、振幅とパルス幅とが一定のパルス信号を信号発生手段が発生し、このパルス信号に対応して変化する電圧を電圧印加手段がブランク電極に印加する。このブランク電極は印加される電圧により電子ビームを偏向するので、これでビーム偏向手段が電子ビームを周期的に偏向することになる。

【0030】上述のような試料検査装置において、前記信号発生手段が発生するパルス信号の単位時間ごとのパルス数を可変するパルス可変手段を具備していることも可能である。この場合、信号発生手段が発生するパルス信号の単位時間ごとのパルス数をパルス可変手段が可変するので、これでパルス信号に対応した電圧印加手段の電圧が変化することになる。

【0031】上述のような試料検査装置において、前記信号発生手段が発生するパルス信号のパルスデューティを可変するパルス可変手段を具備していることも可能である。この場合、信号発生手段が発生するパルス信号のパルスデューティをパルス可変手段が可変するので、これでパルス信号に対応した電圧印加手段の電圧が変化することになる。

30 【0032】なお、パルス信号のパルスデューティを可変させることは既存の各種手法を適用することができ、例えば、“パルス回路(コロナ社)”に詳述されているように、正弦波等の円滑な周期信号の振幅と比較する閾値を上下させることなどが可能である。

【0033】上述のような試料検査装置において、前記電流計により測定された電流値から前記検査試料の絶縁層の層厚を検出する層厚検出手段を具備していることも可能である。この場合、電流計により測定された電流値から層厚検出手段が検査試料の絶縁層の層厚を検出するので、絶縁層を貫通した電子ビームの電流値から層厚が検出される。

【0034】上述のような試料検査装置において、前記電流計により測定される電流値が一定となるように前記電流可変手段をフィードバック制御する動作制御手段と、該動作制御手段のフィードバック制御の度合から前記検査試料の絶縁層の層厚を検出する層厚検出手段と、を具備していることも可能である。

【0035】この場合、電流可変手段を動作制御手段がフィードバック制御することで電流計により測定される電流値が一定とされ、このフィードバック制御の度合が

ら層厚検出手段が検査試料の絶縁層の層厚を検出するので、電流値の変化による S/N (Signal-to-Noise ratio) の変化が検出結果に発生しない。

【0036】 上述のような試料検査装置において、前記電流計により測定される電流値が一定となるように前記電圧印加手段が前記引出電極に印加する電圧をフィードバック制御する動作制御手段と、該動作制御手段のフィードバック制御の度合から前記検査試料の絶縁層の層厚を検出する層厚検出手段と、を具備していることも可能である。

【0037】 この場合、電圧印加手段が引出電極に印加する電圧を動作制御手段がフィードバック制御することで電流計により測定される電流値が一定とされ、このフィードバック制御の度合から層厚検出手段が検査試料の絶縁層の層厚を検出するので、電流値の変化による S/N の変動が検出結果に発生しない。

【0038】 上述のような試料検査装置において、前記電流計により測定される電流値が一定となるように前記電圧印加手段が前記偏向電極に印加する電圧をフィードバック制御する動作制御手段と、該動作制御手段のフィードバック制御の度合から前記検査試料の絶縁層の層厚を検出する層厚検出手段と、を具備していることも可能である。

【0039】 この場合、電圧印加手段が偏向電極に印加する電圧を動作制御手段がフィードバック制御することで電流計により測定される電流値が一定とされ、このフィードバック制御の度合から層厚検出手段が検査試料の絶縁層の層厚を検出するので、電流値の変化による S/N の変動が検出結果に発生しない。

【0040】 上述のような試料検査装置において、前記電流計により測定される電流値が一定となるように前記電圧印加手段が前記ブランク電極に印加する電圧をフィードバック制御する動作制御手段と、該動作制御手段のフィードバック制御の度合から前記検査試料の絶縁層の層厚を検出する層厚検出手段と、を具備していることも可能である。

【0041】 この場合、電圧印加手段がブランク電極に印加する電圧を動作制御手段がフィードバック制御することで電流計により測定される電流値が一定とされ、このフィードバック制御の度合から層厚検出手段が検査試料の絶縁層の層厚を検出するので、電流値の変化による S/N の変動が検出結果に発生しない。

【0042】 上述のような試料検査装置において、前記層厚検出手段により検出された前記絶縁層の層厚を所定の許容範囲と比較して前記検査試料の良否を判定する良否判定手段を具備していることも可能である。この場合、層厚検出手段により検出された絶縁層の層厚を良否判定手段が所定の許容範囲と比較して検査試料の良否を判定するので、絶縁膜の層厚による検査試料の良否が自動的に判定される。

【0043】 なお、本発明で言う各種手段は、その機能を実現するように形成されていれば良く、例えば、専用のハードウェア、適正な機能がプログラムにより付与されたコンピュータ、適正なプログラムによりコンピュータの内部に実現された機能、これらの組み合わせ、等を許容する。

【0044】

【発明の実施の形態】 本発明の実施の第一の形態を図1ないし図6を参照して以下に説明する。なお、図1は本実施の形態の試料検査装置を示す模式図、図2はデータ処理装置であるコンピュータシステムの機能の論理構造を示す模式的なブロック図、図3はコンピュータシステムのハードウェアの物理構造を示す実際のブロック図、図4は回路製造システムを示す模式図、図5は検査試料である集積回路装置の内部構造を示す縦断正面図、図6は検査試料の絶縁層の層厚と検出される電流値との関係を示す特性図、である。

【0045】 本実施の形態の試料検査装置100が検査対象とする検査試料101は、図5に示すように、例えば、集積回路装置であり、基板102の表面に導電パターン103と絶縁層104とが積層されている。ただし、この絶縁層104には導電パターン103まで到達するスルーホール105が形成されているが、図示する検査試料101の場合、スルーホール105の底部に本来は除去されているべき絶縁層106が残存している。

【0046】 本実施の形態の試料検査装置100は、図1に示すように、試料保持手段としてxyステージ110を具備しており、このxyステージ110は、検査試料101を水平方向であるxy方向に移動自在に支持して所定位置に保持する。このxyステージ110に上方から対向する位置には、フィールドエミッション型の電子銃111が配置されており、この電子銃111より下方に引出電極112とアノード電極113とが順番に配置されている。

【0047】 電子銃111は電子ビームを発生し、引出電極112は外部から印加される電圧により引き出す。アノード電極113は、引出電極112により電子銃111から引き出された電子ビームを外部から印加される電圧により加速させ、検査試料101の表面に照射させる。

【0048】 電子銃111およびアノード電極113には、定電圧電源114、115が各々接続されており、引出電極112には、電圧印加手段である電圧印加回路116が接続されている。この電圧印加回路116には、信号発生手段である信号発生回路117が接続されており、これらの回路116、117と引出電極112とで電流可変手段である電流可変機構118が形成されている。

【0049】 定電圧電源114は電子銃111に定電圧を供給するので、この電子銃111は電子ビームを一定

に発生させる。定電圧電源115はアノード電極113に“1.0(kV)”の定電圧を供給するので、このアノード電極113は電子ビームを一定の割合で加速させる。

【0050】信号発生回路117は、振幅が円滑に変化する基準信号として周波数が“1.0(MHz)”の正弦波を発生し、電圧印加回路116は、信号発生回路117が発生する基準信号の振幅に対応して最高“10(V)”まで変化する電圧を引出電極112に印加するので、電流可変機構118は、検査試料101に照射される電子ビームの電流量を周期的に変化させる。

【0051】なお、図1では電子ビームはビーム径が円滑に周期変化しているように図示されているが、これは電子ビームの電流量が基準信号の振幅に対応して変化している状態を模式的に表現したものであり、実際には電子ビームのビーム径は一定である。

【0052】x yステージ110は、表面に検出電極120が設けられているので、この検出電極120は、x yステージ110で保持される検査試料101の裏面に位置する。検出電極120には電流計121が接続されているが、その配線にはタイミング同期手段に相当するスイッチングトランジスタ122が挿入されており、このスイッチングトランジスタ122のゲート電極にも信号発生回路117が接続されている。

【0053】検出電極120は、電子ビームが表面に照射される検査試料101の裏面に貫通した電流を検出し、電流計121は、検出電極120により検出された電流値を測定する。例えば、検査試料101が良品でスルーホール105の底部に絶縁層106が残存していないと、測定される電流値は“200(pA)”程度となり、1ミクロン程度の層厚の絶縁層106が残存していると電流値は略0となる。

【0054】スイッチングトランジスタ122は、検出電極120と電流計121との接続を信号発生回路117が発生する基準信号に対応してオン/オフするので、これで電流計121による電流測定が電流可変機構118による電流量の変化に対応したタイミングで実行される。

【0055】なお、前述のように信号発生回路117が発生する基準信号は正弦波状に振幅が円滑に変化するので、スイッチングトランジスタ122は基準信号の立ち上がりとし、立ち下がりとは対応したタイミングで検出電極120と電流計121との接続をオン/オフする。

【0056】電流計121には、コンピュータシステム130が接続されており、このコンピュータシステム130は、図3に示すように、CPU(Central Processing Unit)131、ROM(Read Only Memory)132、RAM(Random Access Memory)133、キーボード134、ディスプレイ135、I/F(Interface)136、137、等のハードウェア(図示せず)を具備している。

【0057】このコンピュータシステム130は、各種の制御プログラムや参照データなどがROMやRAM133にソフトウェアとして記憶されており、このようなソフトウェアをCPU131が読み取って各種の処理動作を実行するので、図2に示すように、その各種機能により層厚検出手段や良否判定手段が論理的に実現されている。

【0058】つまり、図6に示すように、充分な強度の電子ビームを検査試料101の絶縁層106に表面から照射すると、その裏面まで貫通する電流量は絶縁層106の層厚に略反比例するので、コンピュータシステム130には、絶縁層106の材質や電子ビームと貫通電流との電流値をパラメータとして絶縁層106の層厚を算出する演算式が事前に設定されている。

【0059】そこで、キーボード134により絶縁層106の材質が入力操作されると、これに対応した演算式の係数がCPU131によりRAM133に一時保存される。このような状態で検査試料101から電流計121により電流値が実測されてI/F136から外部入力されると、この電流値とRAM133に一時保存されている係数とがCPU131により演算式に代入されて絶縁層106の層厚が算出される。

【0060】さらに、RAM133には良品の検査試料101から測定される絶縁層106の層厚に対応した所定の許容範囲がRAM133に事前に設定されているので、CPU131は上述のように検出された絶縁層106の層厚をRAM133に設定されている許容範囲と比較して検査試料101の良否を判定する。

【0061】なお、上述した層厚の許容範囲も、例えば、キーボード134により入力操作されてCPU131によりRAM133に一時保存される。また、上述のように検査試料101から検出される絶縁層106の層厚や良否の判定の結果は、例えば、CPU131によりRAM133に一時保存してからディスプレイ135により表示出力される。

【0062】さらに、コンピュータシステム130には、検査試料101の良否に対応した良品処理プログラムおよび不良処理プログラムもソフトウェアとして実装されており、これらの処理プログラムは上述の良否判定結果に対応して一方が起動される。

【0063】コンピュータシステム130は、検査試料101を良品と判定して良品処理プログラムを起動すると、これに対応して検査試料101を良品として取り扱い、検査試料101を不良と判定して不良処理プログラムを起動すると、これに対応して検査試料101を不良として取り扱う。

【0064】例えば、本実施の形態の試料検査装置100は、図4に示すように、集積回路装置の回路製造システム140の一部として設置されており、この回路製造システム140が製造過程の集積回路装置である検査試

料101を試料検査装置100に供給する。

【0065】この回路製造システム140は、試料検査装置100の位置から後方では製造出荷ライン141と精査廃棄ライン142とに分岐しており、これらのライン141、142の一方に検査試料101を搬送する。そこで、本実施の形態の回路製造システム140は、専用のコンピュータシステムからなるラインコントローラ143を具備しており、このラインコントローラ143が回路製造システム140の各部を統合制御する。

【0066】例えば、この回路製造システム140のラインコントローラ143には試料検査装置100のコンピュータシステム130が接続されており、このコンピュータシステム130の良品判定に対応してラインコントローラ143が検査試料101の搬送先を製造出荷ライン141と精査廃棄ライン142とに切替制御する。

【0067】良品処理プログラムに対応して動作するコンピュータシステム130は、上述のようにラインコントローラ143に製造出荷ライン141を選択させてから、検査試料101から検出した絶縁層106の層厚を位置などとともに回路製造システム140にデータ通知する。

【0068】不良処理プログラムに対応して動作するコンピュータシステム130は、上述のようにラインコントローラ143に精査廃棄ライン142を選択させてから、やはり絶縁層106の層厚を位置などとともに回路製造システム140にデータ通知する。

【0069】なお、試料検査装置100の電子銃111や各種電極112、113やxyステージ110等の部分は、実際には開閉ハッチを具備した密閉容器の内部に配置されており、この密閉容器には吸引ポンプが配管されている(図示せず)。密閉容器は開閉ハッチが開放された部分から検査試料101が出し入れされ、吸引ポンプは開閉ハッチが閉止された密閉容器の内部を 10^{-2} (Pa)以下の気圧に減圧する。

【0070】上述のような構成において、本実施の形態の試料検査装置100は、前述のように集積回路装置の回路製造システム140の一部として設置されており、この回路製造システム140で集積回路装置として製造される過程の検査試料101の良否を検査する。

【0071】試料検査装置100より前段の回路製造システム140では、基板102の表面に導電パターン103が形成されてから絶縁層104が積層され、この絶縁層104に導電パターン103まで到達するスルーホール105が形成される。つまり、検査試料101が良品であるとスルーホール105の底部に絶縁層106が残存せず、不良であると残存する。

【0072】このような検査試料101が本実施の形態の試料検査装置100に供給されると、この試料検査装置100ではxyステージ110により検査試料101が所定位置に保持される。この状態で電子銃111が電

子ビームを発生するので、これに同期して電圧印加回路116が引出電極112に電圧を印加するとともに、定電圧電源115がアノード電極113に電圧を印加する。

【0073】そこで、電子銃111が発生する電子ビームが引出電極112により引き出されてアノード電極113により加速され、xyステージ110に保持された検査試料101のスルーホール105の内部に照射される。このように検査試料101に表面から照射される電子ビームは裏面まで貫通するので、この貫通した電流を検出電極120が検出して電流計121が測定する。

【0074】このとき、引出電極112に印加されて電子銃111から電子ビームを引き出す電圧を、信号発生回路117が発生する基準信号の振幅に対応して電圧印加回路116が周期的に変化させ、この基準信号に対応して電流計121の測定タイミングがスイッチングトランジスタ122でオン/オフされる。このため、検査試料101に照射される電子ビームの電流量が周期的に変化され、この変化に同期したタイミングで電流計121が貫通電流を測定することになる。

【0075】このように測定された電流値はコンピュータシステム130により絶縁層106の層厚に換算され、この層厚が所定の許容範囲と比較されて検査試料101の良否が判定される。これで良品と判定された検査試料101は回路製造システム140の製造出荷ライン141に搬送されて以後の製造工程に供与され、不良と判定された検査試料101は精査廃棄ライン142に搬送されて精密検査や廃棄処分が実行されることになる。

【0076】本実施の形態の試料検査装置100は、電子ビームを検査試料101に表面から照射するが、その表面に発生するエネルギーではなく裏面に貫通する電流を測定するので、スルーホール105の底部に位置する絶縁層106も良好に検査することができる。

【0077】特に、検査試料101に照射される電子ビームの電流量を周期的に変化させ、この変化に同期したタイミングで電流計121による測定を実行させるので、外部の電磁波が電流計121の測定結果にノイズとして混入しても、このノイズを測定結果から容易に分離することができる。

【0078】しかも、検査試料101に照射される電子ビームの電流量を引出電極112の電圧により周期的に変化させるので、絶縁層106の層厚を良好な精度で検出することができる。つまり、電子ビームの加速電圧を変化させても電流計121の測定結果から電磁波のノイズを分離することはできるが、電子ビームの加速を変化させると検査試料101を透過する能力も変化するため、絶縁層106の層厚の検出結果には誤差が発生する。

【0079】しかし、本実施の形態の試料検査装置100は、上述のようにアノード電極113の電圧は一定に

維持したまま引出電極112の電圧を周期的に変化させるので、電子ビームの加速電圧は一定に維持したまま電流量のみを良好に制御することができ、絶縁層106の層厚を良好な精度で検出することができる。

【0080】さらに、振幅が円滑に変化する正弦波などの基準信号を信号発生回路117が発生し、この基準信号に対応して電圧印加回路116が引出電極112の電圧を変化させるので、引出電極112の電圧を簡単な構造で円滑に変化させることができる。

【0081】しかも、上述の基準信号に対応してスイッチングトランジスタ122が検出電極120と電流計121との接続をオン／オフするので、検査試料101の表面に照射する電子ビームの周期変化と裏面に貫通する電流量の測定とを良好に同期させることができる。

【0082】さらに、本実施の形態の試料検査装置100は、検査試料101から検出された電流値をコンピュータシステム130で絶縁層106の層厚に換算するので、検査試料101のスルーホール105の底部に残存した絶縁層106の層厚を直接に確認することができる。

【0083】しかも、上述のように算出した絶縁層106の層厚をコンピュータシステム130が所定の許容範囲と比較するので、検査試料101の良否を自動的に判定することができる。さらに、本実施の形態の回路製造システム140は、上述の判定結果に対応して検査試料101の搬送先を製造出荷ライン141と精査廃棄ライン142とに切り換えるので、良品の検査試料101の製造を継続することと不良の検査試料101を廃棄することも自動的に実行される。

【0084】なお、本発明は上記形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で各種の変形を許容する。例えば、上記形態では電流計121の電流値をコンピュータシステム130が絶縁層106の層厚に換算してから層厚の許容範囲と比較して検査試料101の良否を判定することを例示したが、例えば、電流計121の電流値を絶縁層106の層厚に換算することなく電流値の許容範囲と直接に比較して検査試料101の良否を判定することも可能である。

【0085】さらに、上述のような換算や比較をコンピュータシステム130がソフトウェアに対応して実行することを例示したが、これを専用のハードウェアにより実行することも可能である。反対に、引出電極112の電圧を専用のハードウェアによりの周期変化させることを例示したが、これをソフトウェアによりコンピュータシステムに実行させることも可能である。

【0086】また、上記形態では基準信号に対応した電子ビームの電流変化に電流計121の測定を同期させるため、その検出電極120との接続をスイッチングトランジスタ122でオン／オフすることを例示したが、例えば、電流計121とコンピュータシステム130との

接続をオン／オフすることや、電流計121の動作をオン／オフすることも可能である。

【0087】また、上記形態では電流計121の電流値から絶縁層106の層厚を直接に算出することを例示したが、例えば、電流計121により測定される電流値が一定となるように電流可変機構118をフィードバック制御し、このフィードバック制御の度合から絶縁層106の層厚を検出することも可能である。

【0088】その場合、図7に例示する試料検査装置150のように、動作制御手段である動作制御回路151を電流計121と電流可変機構118とに接続し、この動作制御回路151のフィードバック制御の度合からコンピュータシステム130が検査試料101の絶縁層106の層厚を検出すれば良い。

【0089】なお、動作制御回路151による電流可変機構118のフィードバック制御としては、信号発生回路117が発生する基準信号の振幅を制御すれば良く、コンピュータシステム130に提供する動作制御回路151のフィードバック制御の度合としては、電圧印加回路116が引出電極112に印加する電圧で良い。

【0090】上述のような構成の試料検査装置150の試料検査方法では、電流可変機構118を動作制御回路151がフィードバック制御することで電流計121により測定される電流値が一定とされ、このフィードバック制御の度合からコンピュータシステム130が検査試料101の絶縁層106の層厚を検出する。

【0091】なお、絶縁層106の層厚を電流計121の電流値から直接に換算する試料検査装置100では、絶縁層106の層厚により検出結果である電流値が変化するので、この変化により検出結果のS/Nが変化することになるが、構造は簡単で小型軽量化が容易である。

【0092】一方、絶縁層106の層厚をフィードバック制御の度合から算出する試料検査装置150は構造が複雑であるが、絶縁層106の層厚が変化しても電流値は一定なので、検出結果のS/Nが一定で検出精度が良好である。つまり、上述の試料検査装置100、150の手法は相互に一長一短が存在するので、実際に試料検査装置を実施する場合には要求性能や装置仕様などを考慮して適正な一方を選択することが好適である。

【0093】また、上記形態ではコンピュータシステム130に事前に適正な許容範囲をデータ設定しておき、この許容範囲と検査試料101から実測された絶縁層106の層厚とをコンピュータシステム130が比較することを例示した。しかし、図8に例示する試料検査装置160のように、xyステージ110からスイッチングトランジスタ122までの部分からなる検査実行部161、162を二個として一個のコンピュータシステム163に接続することも可能である。

【0094】この場合、一方の検査実行部161には良品と判明している基準試料164を装填しておき、他方

の検査実行部162には回路製造システム140から検査試料101を供給させる。そこで、二個の検査実行部161、162で基準試料164と検査試料101との測定を同時に実行し、その結果をコンピュータシステム163で比較して検査試料101の良否を判定する。

【0095】このような試料検査装置160では、検査試料101から測定された結果が同時に基準試料164から測定された結果と比較されるので、例えば、各種要因により実際に製造される基準試料164の測定結果が設計値とは相違する場合でも、検査試料101の良否を的確に判定することができる。また、電磁波などの外乱によるノイズを二つの測定結果に同様に作用させて相殺させることもできるので、良否判定の精度を向上させることもできる。

【0096】なお、許容範囲をデータ設定しておく試料検査装置100では、適正な許容範囲を事前にデータ設定しておく必要があり、良否判定の精度が外乱により低下することもあるが、検査実行部は一個で良いので装置構造が簡単で小型軽量である。

【0097】一方、検査試料101と基準試料164との測定結果を比較する試料検査装置160では、検査実行部161、162は二個なので装置構造が複雑で小型軽量化が困難であるが、良否判定の精度は良好で許容範囲のデータ設定も必要ない。つまり、上述の試料検査装置100、160も相互に一長一短が存在するので、実際には要求性能や装置仕様を考慮して適正な一方を選択することが好適である。

【0098】さらに、上記形態では検査試料101の検査位置が一つであることを想定し、xステージ110で検査試料101を適正な位置に保持することを例示した。しかし、実際の検査試料101では検査位置が複数の場合が想定されるので、このような場合にはxステージ110を動作制御して一個の検査試料101の複数の位置を順番に検査することが好適である。

【0099】実際には検査試料101は微細で位置制御は困難なので、xステージ110に保持された検査試料101を撮像するカメラ装置（図示せず）を設け、その撮像画像をコンピュータシステム（図示せず）により集積回路装置の設計データなどとパターンマッチングさせてxステージ110を動作制御することが好適である。

【0100】なお、このような複数の位置に存在する絶縁層の適正な層厚が個々に相違することも想定できるので、その場合には複数の位置の絶縁層106ごとに適正な演算係数や許容範囲もデータ設定しておき、これらを検査位置ごとに選択することが好適である。

【0101】ただし、複数の絶縁層の適正な層厚が同等な場合や、同一の複数の絶縁層が繰り返し形成されている場合には、その平均値などに対応した一つの演算係数や許容範囲をデータ設定しておき、設定データの記憶容

量を節約することも可能である。

【0102】さらに、上記形態ではRAM133に一時保存される絶縁層106の層厚の許容範囲をキーボード134により入力操作することを例示したが、例えば、良品の基準試料164から実測した層厚に基づいて許容範囲を設定することも可能である。

【0103】また、上記形態では信号発生回路117が発生する正弦波状の基準信号の振幅に対応して変化する電圧を電圧印加回路116が引出電極112に印加することを例示したが、正弦波は正負に変化するので、これに電圧を単純に対応させると、電圧が印加されない時間が半分は発生することになる。これが問題となる場合には、電圧をオフセットさせて0以上の範囲で正弦波状に変化させることが好適である。

【0104】つぎに、本発明の実施の第二の形態を図9を参照して以下に説明する。ただし、これより以下の実施の形態では、前述した実施の第一の形態と同一の部分は同一の名称および符号を使用して詳細な説明は省略する。なお、同図は本実施の形態の試料検査装置を示す模式図である。

【0105】本実施の形態の試料検査装置200では、信号発生手段である信号発生回路201が振幅とパルス幅とが一定で周波数がギガヘルツオーダのパルス信号を基準信号として発生するので、電圧印加回路116は信号発生回路201のパルス信号に対応して引出電極112の電圧を変化させ、スイッチングトランジスタ122は信号発生回路201のパルス信号に対応して検出電極120と電流計121との接続をオン/オフする。

【0106】また、電子銃111と定電圧電源114との配線には、定電流化回路202が挿入されており、この定電流化回路202は定電圧電源114から電子銃111に供給される電力の電流値を一定とする。また、コンピュータシステム130には、電流計121で時分割に測定される電流値を所定時間ごとに蓄積し、その平均値を算出する機能がソフトウェアにより追加されている。

【0107】上述のような構成において、本実施の形態の試料検査装置200も、前述した試料検査装置100と同様に、検査試料101の絶縁層106の層厚を検出して良否を判定することができる。ただし、本実施の形態の試料検査装置200では、信号発生回路201が振幅とパルス幅とが一定のパルス信号を発生し、このパルス信号に対応して電圧印加回路116が電圧を変化させるので、これで周期的に変化する電圧が引出電極112に印加される。

【0108】このとき、定電圧電源114が発生する電力は定電流化回路202により一定の電流値とされて電子銃111に供給されるので、この電子銃111が発生して引出電極112により引き出される電子ビームは、電流値が一定の状態でもオン/オフされることになる。

10

20

30

40

50

【0109】つまり、電子ビームの電流値として中間値が発生しないので、電子ビームの周期変化と電流測定タイミングとを正確に同期させることができる。そして、時分割に測定される電流値から所定時間ごとに平均値が算出されるので、この測定結果のS/Nが良好である。

【0110】なお、引出電極112の電圧はアノード電極113とは相違して数十ボルト程度と低いので、高速トランジスタ（図示せず）の利用によりギガヘルツオーダーでの高速変調が容易である。また、上記形態では時分割に測定される電流値から所定時間ごとに平均値を算出することを例示したが、これを所定時間ごとの積分値とすることも可能である。

【0111】また、上述のような構成の試料検査装置200において、図10に例示する試料検査装置210のように、定電流化回路202を省略するとともに動作制御手段である動作制御回路151を追加し、そのフィードバック制御の度合から検査試料101の絶縁層106の層厚を検出することも可能である。

【0112】この場合、動作制御回路151はパルス可変手段として機能し、信号発生回路201が発生するパルス信号の単位時間ごとのパルス数やパルスデューティを可変する。これで電子ビームの電流値が一定となるように引出電極112の電圧がフィードバック制御されることになり、信号発生回路201が発生するパルス信号の単位時間ごとのパルス数やパルスデューティから検査試料101の絶縁層106の層厚が検出される。

【0113】つぎに、本発明の実施の第三の形態を図11を参照して以下に説明する。なお、同図は本実施の形態の試料検査装置を示す模式図である。本実施の形態の試料検査装置300では、アノード電極113と検査試料101との間隙に偏向電極301とビーム規制部材であるアパーチャプレート302と補正電極303とが順番に配置されている。

【0114】偏向電極301と補正電極303とは電圧印加回路116が接続されており、この電圧印加回路116と偏向電極301とでビーム偏向器305が形成されている。このビーム偏向器305の電圧印加回路116にも信号発生回路117が接続されているので、これで電流可変手段である電流可変機構306が形成されている。

【0115】アパーチャプレート302は、貫通孔が電子通過部分として形成された金属板からなり、この金属製の本体部分が接地されることで電子遮蔽部分として機能している。つまり、アパーチャプレート302は、金属板の部分で電子ビームを遮蔽し、丸孔の位置で電子ビームを通過させる。

【0116】信号発生回路117は振幅が円滑に変化する正弦波状の基準信号を発生するので、この基準信号に対応して変化する電圧を電圧印加回路116が各電極3

01、303に印加する。偏向電極301は、印加される電圧に対応した静電引力により電子ビームを周期的に偏向させ、アパーチャプレート302の貫通孔と本体部分とを走査させる。

【0117】補正電極303は、偏向電極301とは極性が反対の電圧が印加されることにより、アパーチャプレート302の貫通孔を通過した電子ビームの方向を、偏向電極301の偏向とは反対の方向に静電引力で修正する。なお、アパーチャプレート302の貫通孔は、例えば、直径が電子ビームのビーム径に相当する“1.0(μ m)”程度の円形に形成されており、偏向電極301に偏向されていない電子ビームが通過する中心に位置している。

【0118】また、引出電極112の下方には電流検出器307が配置されており、この電流検出器307が引出電極112の駆動電源308にフィードバック接続されている。電流検出器307は、引出電極112により引き出された電子ビームの電流量を検出し、駆動電源308は、電流検出器307の検出電流が一定となるように引出電極112の駆動電圧をフィードバック制御する。

【0119】上述のような構成において、本実施の形態の試料検査装置300では、電子銃111から引出電極112により引き出される電子ビームの電流量が電流検出器307により検出され、この電流値が一定となるように電子銃111の駆動電力がフィードバック制御される。

【0120】このように電流量が一定となるように電子銃111から引出電極112により引き出された電子ビームは、アノード電極113により一定に加速されてからビーム偏向器305により周期的に偏向され、アパーチャプレート302の貫通孔と本体部分とを走査される。

【0121】このアパーチャプレート302の貫通孔の位置を走査される電子ビームは検査試料101に照射されるが、本体部分を走査される電子ビームは検査試料101に照射されないで、これで検査試料101に照射される電子ビームの電流量を電流可変機構306が周期的に変化させることになる。

【0122】このため、本実施の形態の試料検査装置300でも、前述した試料検査装置100等と同様に、検査試料101の表面に照射される電子ビームの電流量を周期的に変化させることができ、これに同期して検査試料101の裏面の貫通電流を測定できるので、この測定を良好なS/Nで実行することができる。

【0123】特に、本実施の形態の試料検査装置300では、アパーチャプレート302の貫通孔は偏向電極301により略偏向されていない電子ビームのみを通過させ、このようにアパーチャプレート302の貫通孔を通過した電子ビームの方向を補正電極303により偏向電

極301の偏向とは反対の方向に修正するので、電子ビームを検査試料101の適正な位置に照射することができる。

【0124】なお、上記形態では偏向電極301や補正電極303が電圧による静電引力で電子ビームを偏向することを例示したが、この偏向を磁力で実行することも可能である。また、上記形態ではアパーチャプレート302の貫通孔を円形に形成することを例示したが、これを電子ビームの走査方向と直交するスリットとして形成することも可能である。

【0125】さらに、上記形態では補正電極303に単純に偏向電極301とは反対の極性の電圧を印加して偏向された電子ビームの方向を修正することを例示したが、例えば、上述のような補正電極303に印加する電圧を独自に制御して電子ビームの照射位置を所望により移動させ、xysteage110を省略するようなことも可能である。

【0126】また、上記形態では電子ビームの電流量を一定とするため、これを電流検出器307により検出して駆動電源308から引出電極112に供給する電力をフィードバック制御することを例示したが、これを前述した定電流化回路202に換装することも可能である。電子ビームの電流量を定電流化回路202により制御するほうが簡単であるが、フィードバック制御のほうが確実なので、これらも各種条件を考慮して選択することが好適である。

【0127】また、上述のような構成の試料検査装置300において、図12に例示する試料検査装置310のように、動作制御手段である動作制御回路151を追加し、そのフィードバック制御の度合から検査試料101の絶縁層106の層厚を検出することも可能である。

【0128】さらに、上記形態ではパルスデューティが一对一のパルス信号を信号発生回路201が発生することを例示したが、信号発生回路201が発生するパルス信号のパルスデューティを可変自在とすることも可能である。この場合、電子ビームが検査試料101に照射される時間と照射されない時間との比率が可変されるので、検出結果のS/Nを考慮しながら消費電力の無駄を軽減することができる。

【0129】さらに、図13に例示する試料検査装置320のように、振幅とパルス幅とが一定のパルス信号を基準信号として発生する信号発生回路201を電圧印加回路116に接続し、補正電極303を省略することも可能である。

【0130】この場合、偏向電極302による電子ビームの偏向方向が、パルス信号に対応して中央と側方とにデジタル的に変化するので、検査試料101には変更されていない電子ビームのみ照射されることになり、検査試料101に照射される電子ビームの方向を補正電極303により補正する必要がない。

【0131】さらに、このような構成の試料検査装置320において、図14に例示する試料検査装置330のように、動作制御手段である動作制御回路151を追加し、そのフィードバック制御の度合から検査試料101の絶縁層106の層厚を検出することも可能である。この試料検査装置320でも、動作制御回路151は信号発生回路201が発生するパルス信号の単位時間ごとのパルス数やパルスデューティを調節すれば良い。

【0132】つぎに、本発明の実施の第四の形態を図15を参照して以下に説明する。ただし、本実施の形態の試料検査装置400において上述した試料検査装置320と同一の部分は、同一の名称および符号を使用して詳細な説明は省略する。なお、同図は本実施の形態の試料検査装置を示す模式図である。

【0133】本実施の形態の試料検査装置400でも、アノード電極113と検査試料101との間隙に電流可変手段である電流可変機構401のビーム偏向手段であるビーム偏向器402が配置されているが、アパーチャプレートや補正電極は省略されている。ただし、検査試料101の外側にはアパーチャプレートに相当する放電電極403が配置されており、この放電電極403が接地されている。

【0134】ビーム偏向器402は偏向電極としてブランク電極404を具備しており、このブランク電極404には電圧印加回路116が接続されており、この電圧印加回路116には信号発生回路201が接続されている。この信号発生回路201が発生するパルス信号に対応して電圧印加回路116は周期的に変化する電圧をブランク電極404に印加し、このブランク電極404は、印加される電圧に対応して電子ビームを検査試料101の表面より内側と外側とに偏向する。

【0135】上述のような構成において、本実施の形態の試料検査装置400では、振幅とパルス幅とが一定のパルス信号を信号発生回路117が発生し、このパルス信号に対応して変化する電圧を電圧印加回路116がブランク電極404に印加するので、このブランク電極404は印加される電圧により電子ビームを偏向する。ただし、ブランク電極404は電子ビームを検査試料101の表面より内側と外側とに偏向するので、これで検査試料101に照射される電子ビームの電流量が周期的に変化される。

【0136】このため、本実施の形態の試料検査装置400でも、前述した試料検査装置300等と同様に、検査試料101の表面に照射される電子ビームの電流量を周期的に変化させることができ、これに同期して検査試料101の裏面の貫通電流を測定できるので、この測定を良好なS/Nで実行することができる。

【0137】なお、上述のような構成の試料検査装置400において、図16に例示する試料検査装置410のように、動作制御手段である動作制御回路151を追加

し、そのフィードバック制御の度合から検査試料 101 の絶縁層 106 の層厚を検出することも可能である。

【0138】さらに、上記形態ではパルスデューティが 101 対一のパルス信号を信号発生回路 201 が発生することを例示したが、信号発生回路 201 が発生するパルス信号のパルスデューティを可変自在とすることも可能である。その他、上記した各種の形態の試料検査装置 100、150、…の各部は、その内容が相反しない範囲で各種の組み合わせが可能である。

【0139】

【発明の効果】本発明は以上説明したように構成されているので、以下に記載するような効果を奏する。

【0140】本発明の試料検査装置の試料検査方法では、絶縁層を具備している検査試料を試料保持手段が所定位置に保持し、この状態で電子銃が電子ビームを発生し、定電圧電源がアノード電極に一定の電圧を印加するので、この電圧によりアノード電極が電子ビームを加速させて検査試料の表面に照射させ、この電子ビームが表面に照射される検査試料の裏面に貫通した電流を検出電極が検出し、この検出された電流値を電流計が測定することにより、例えば、この電流値から検査試料の絶縁層の層厚を検出することができ、特に、電子ビームを検査試料の表面に照射するが、この表面で発生するエネルギーでなく裏面に貫通する電流量を検出するので、絶縁層が微細な縦穴の底部に位置するような場合でも層厚を検出することができる。

【0141】また、上述のような試料検査装置において、検査試料に照射される電子ビームの電流量を電流可変手段が周期的に変化させ、この変化に対応したタイミングでタイミング同期手段が電流計による測定を実行させることにより、検査試料に照射される電子ビームの電流量の変化と電流計による測定とを同期させることができるので、測定結果からノイズを分離して排除することができ、測定結果の S/N を向上させることができる。

【0142】また、電圧印加手段が周期的に変化する電圧を引出電極に印加し、この引出電極が印加される電圧により電子銃が発生する電子ビームを引き出すことにより、検査試料に照射される電子ビームの電流量を簡単な構造で周期的に変化させることができる。

【0143】また、振幅が円滑に変化する基準信号を信号発生手段が発生し、この基準信号の振幅に対応して電圧印加手段が電圧を変化させることにより、周期的に変化する電圧を簡単な構造で引出電極に印加することができる。

【0144】また、振幅とパルス幅とが一定のパルス信号を信号発生手段が発生し、このパルス信号に対応して電圧印加手段が電圧を変化させることにより、周期的に変化する電圧を簡単な構造で引出電極に印加することができる。

【0145】また、電子ビームを遮蔽する電子遮蔽部分

と通過させる電子通過部分とを具備しているビーム規制部材がアノード電極と検査試料との中間に配置され、この状態でアノード電極により加速された電子ビームをビーム偏向手段が周期的に偏向してビーム規制部材の電子通過部分と電子遮蔽部分とを走査させることにより、検査試料に照射される電子ビームの電流量を簡単な構造で周期的に変化させることができる。

【0146】また、ビーム偏向手段により偏向された電子ビームはビーム規制部材の電子遮蔽部分により遮蔽され、ビーム偏向手段により偏向されない電子ビームはビーム規制部材の電子通過部分を通過することにより、検査試料に偏向されていない電子ビームを照射させることができ、検査試料の所望の位置に正確に電子ビームを照射することができる。

【0147】また、振幅が円滑に変化する基準信号を信号発生手段が発生し、この基準信号の振幅に対応して変化する電圧を電圧印加手段が偏向電極に印加し、この偏向電極は印加される電圧により電子ビームを偏向することにより、電子ビームを簡単な構造で周期的に偏向させることができる。

【0148】また、振幅とパルス幅とが一定のパルス信号を信号発生手段が発生し、このパルス信号に対応して変化する電圧を電圧印加手段が偏向電極に印加し、この偏向電極は印加される電圧により電子ビームを偏向することにより、電子ビームを簡単な構造で周期的に偏向させることができる。

【0149】また、アノード電極により加速された電子ビームをビーム偏向手段が検査試料の表面より内側と外側とに偏向することにより、検査試料に照射される電子ビームの電流量を簡単な構造で周期的に変化させることができる。

【0150】また、振幅とパルス幅とが一定のパルス信号を信号発生手段が発生し、このパルス信号に対応して変化する電圧を電圧印加手段がブランク電極に印加し、このブランク電極は印加される電圧により電子ビームを偏向することにより、電子ビームを簡単な構造で周期的に偏向させることができる。

【0151】また、前記信号発生手段が発生するパルス信号の単位時間ごとのパルス数を可変するパルス可変手段を具備していることも可能である。この場合、信号発生手段が発生するパルス信号の単位時間ごとのパルス数をパルス可変手段が可変するので、これでパルス信号に対応した電圧印加手段の電圧が変化することになる。

【0152】また、信号発生手段が発生するパルス信号のパルスデューティをパルス可変手段が可変することにより、パルス信号に対応した電圧印加手段の電圧を簡単な構造で変化させることができる。

【0153】また、電流計により測定された電流値から層厚検出手段が検査試料の絶縁層の層厚を検出することにより、検査試料の絶縁層の層厚を電氣的なデータとし

て獲得することができる。

【0154】また、電流可変手段を動作制御手段がフィードバック制御することで電流計により測定される電流値が一定とされ、このフィードバック制御の度合から層厚検出手段が検査試料の絶縁層の層厚を検出することにより、電流値の変化によるS/Nの変化が検出結果に発生しないので、良好な精度で絶縁層の層厚を測定することができる。

【0155】また、電圧印加手段が引出電極に印加する電圧を動作制御手段がフィードバック制御することで電流計により測定される電流値が一定とされ、このフィードバック制御の度合から層厚検出手段が検査試料の絶縁層の層厚を検出することにより、電流値の変化によるS/Nの変化が検出結果に発生しないので、良好な精度で絶縁層の層厚を測定することができる。

【0156】また、電圧印加手段が偏向電極に印加する電圧を動作制御手段がフィードバック制御することで電流計により測定される電流値が一定とされ、このフィードバック制御の度合から層厚検出手段が検査試料の絶縁層の層厚を検出することにより、電流値の変化によるS/Nの変化が検出結果に発生しないので、良好な精度で絶縁層の層厚を測定することができる。

【0157】また、電圧印加手段がブランク電極に印加する電圧を動作制御手段がフィードバック制御することで電流計により測定される電流値が一定とされ、このフィードバック制御の度合から層厚検出手段が検査試料の絶縁層の層厚を検出することにより、電流値の変化によるS/Nの変化が検出結果に発生しないので、良好な精度で絶縁層の層厚を測定することができる。

【0158】また、層厚検出手段により検出された絶縁層の層厚を良否判定手段が所定の許容範囲と比較して検査試料の良否を判定することにより、絶縁膜の層厚による検査試料の良否を自動的に判定することができ、例えば、製造ラインで製造過程の集積回路装置を良品と不良とに判別するようなことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の第一の形態の試料検査装置を示す模式図である。

【図2】データ処理装置であるコンピュータシステムの機能の論理構造を示す模式的なブロック図である。

【図3】コンピュータシステムのハードウェアの物理構造を示す実際のブロック図である。

【図4】回路製造システムを示す模式図である。

【図5】検査試料である集積回路装置の内部構造を示す縦断正面図である。

【図6】検査試料の絶縁層の層厚と検出される電流値と

の関係を示す特性図である。

【図7】一変形例の試料検査装置を示す模式図である。

【図8】一変形例の回路製造システムを示す模式図である。

【図9】本発明の実施の第二の形態の試料検査装置を示す模式図である。

【図10】一変形例の試料検査装置を示す模式図である。

【図11】本発明の実施の第三の形態の試料検査装置を示す模式図である。

【図12】第一の変形例の試料検査装置を示す模式図である。

【図13】第二の変形例の試料検査装置を示す模式図である。

【図14】第三の変形例の試料検査装置を示す模式図である。

【図15】本発明の実施の第四の形態の試料検査装置を示す模式図である。

【図16】一変形例の試料検査装置を示す模式図である。

【符号の説明】

100, 150, 200, 210, 300, 310, 320, 330, 400, 410 試料検査装置

101 検査試料

106 絶縁層

110 試料保持手段であるxyステージ

111 電子銃

112 引出電極

113 アノード電極

115 定電圧電源

116 電圧印加手段である電圧印加回路

117, 201 信号発生手段である信号発生回路

118, 306, 401 電流可変手段である電流可変機構

120 検出電極

121 電流計

122 タイミング同期手段に相当するスイッチングトランジスタ

130, 163 各種手段として機能するコンピュータシステム

140 回路製造システム

151 動作制御手段である動作制御回路

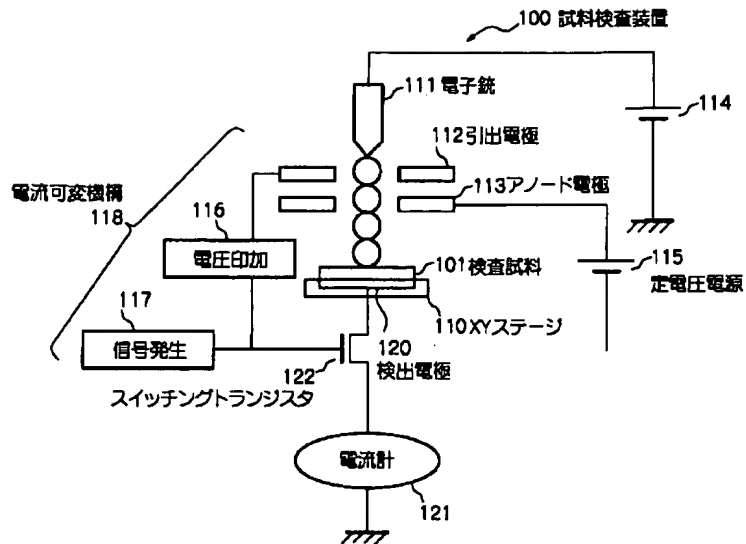
301 偏向電極

302 ビーム規制部材であるアパーチャプレート

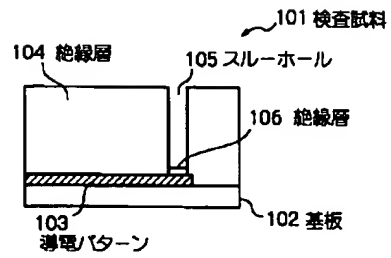
305, 402 ビーム偏向手段であるビーム偏向器

404 ブランク電極

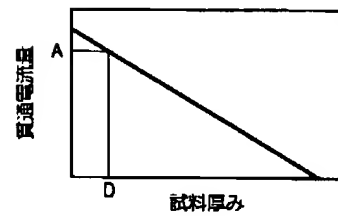
【図1】



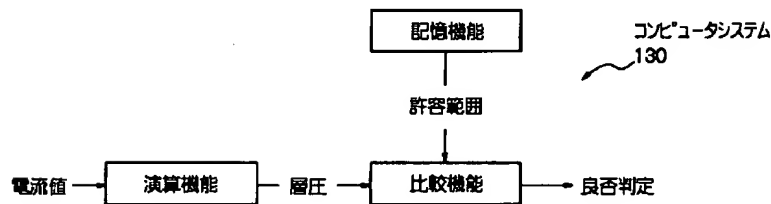
【図5】



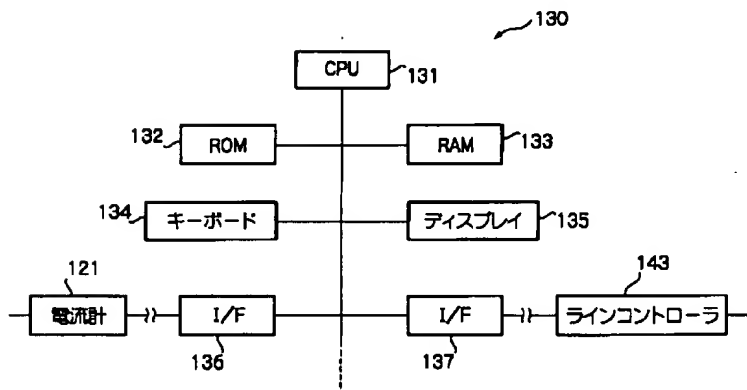
【図6】



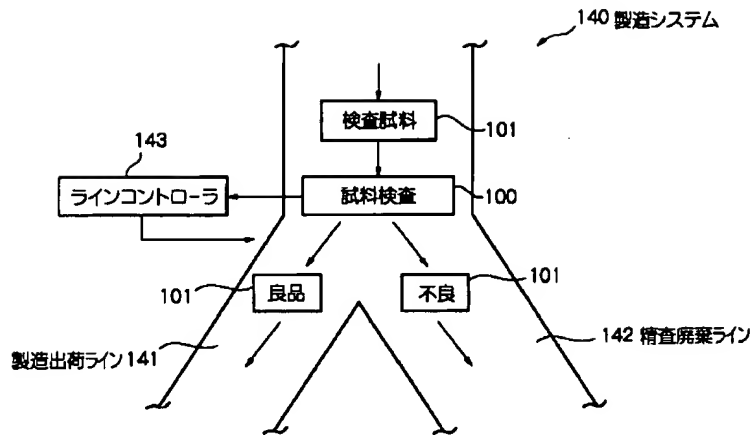
【図2】



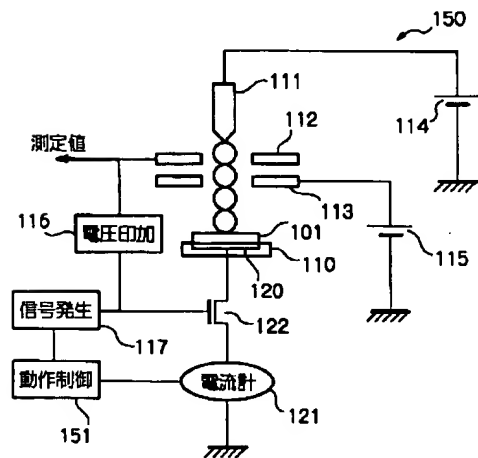
【図3】



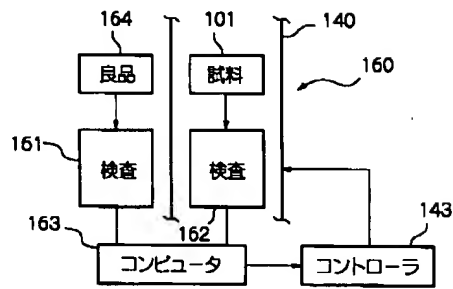
【図4】



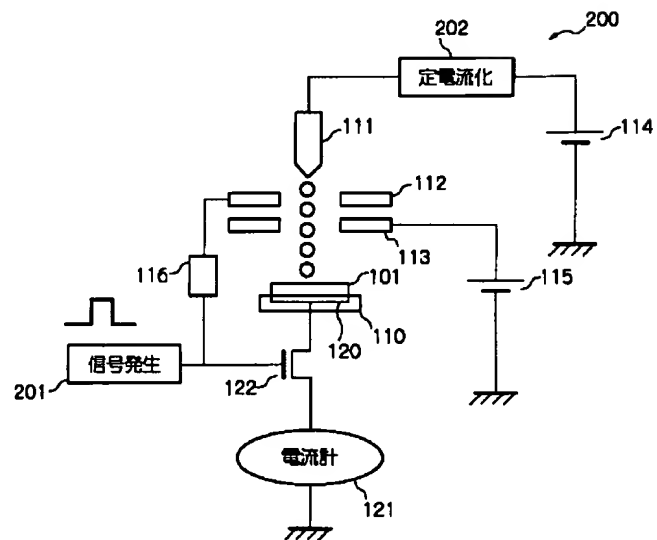
【図7】



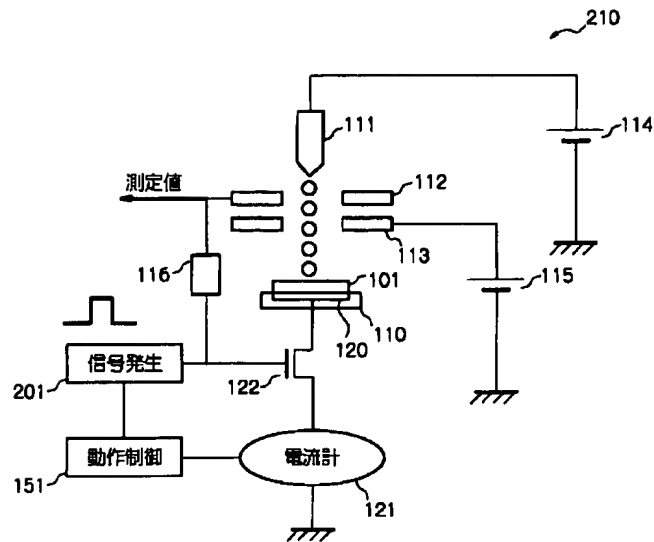
【図8】



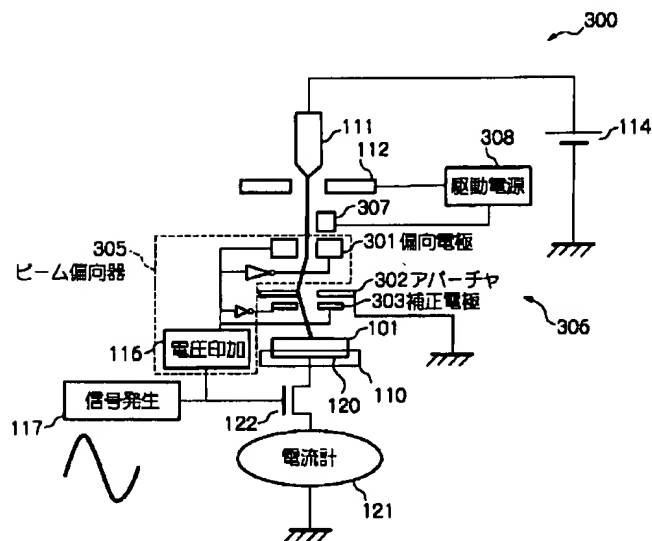
【図9】



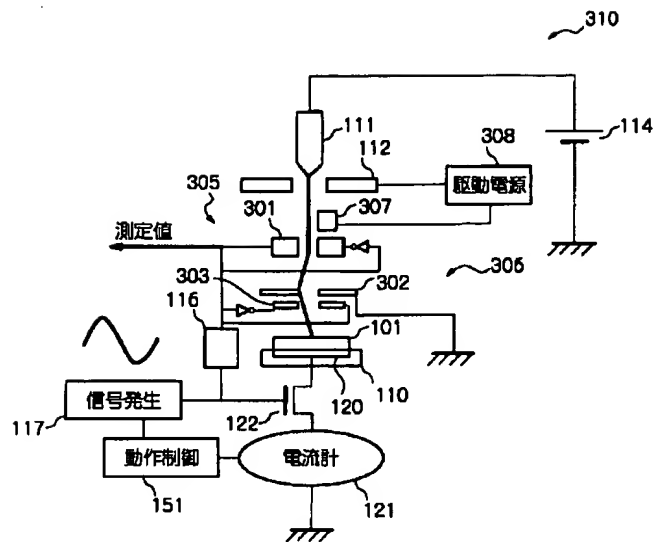
【図10】



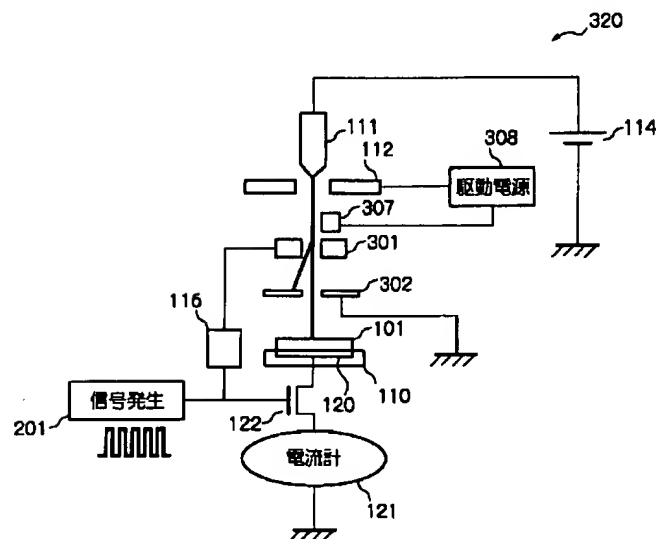
【図11】



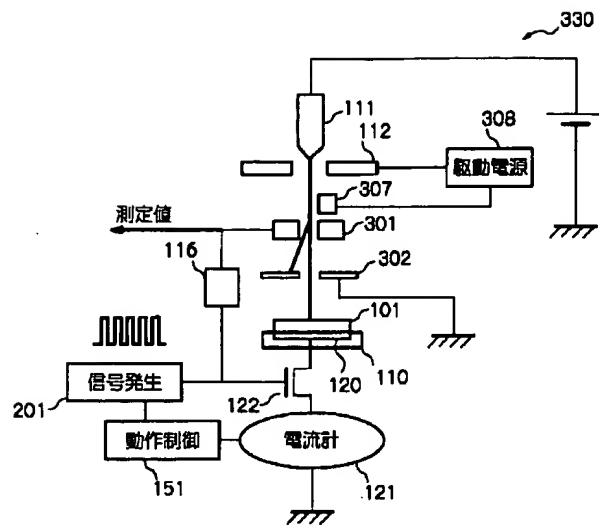
【図12】



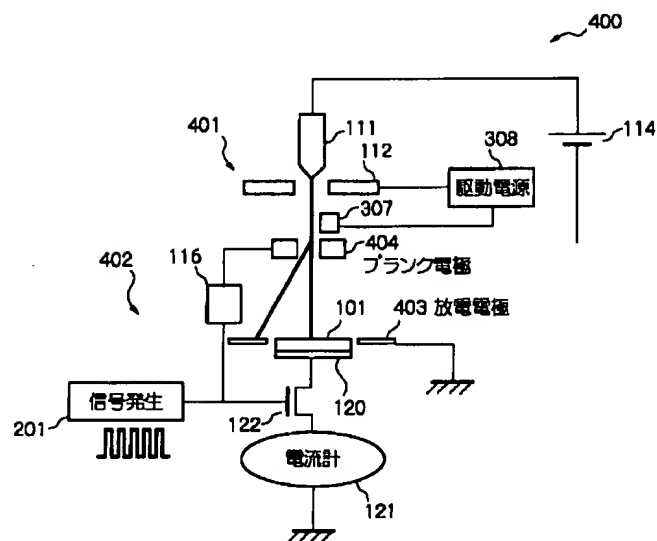
【図13】



【図14】



【図15】



【図16】

